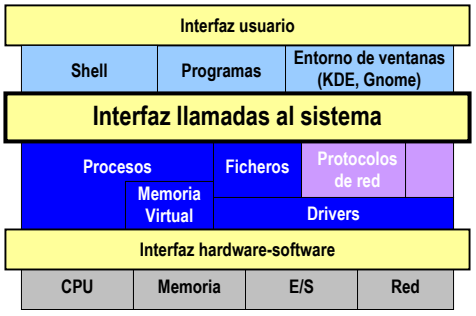
Introducción y Gestión de Procesos

Sistemas Operativos (prácticas)
E.U. Informática en Segovia
Universidad de Valladolid

Llamadas al sistema

- Concepto
  - Constituye el "juego de instrucciones" del sistema operativo
  - Son la interfaz de programación (API, *Application Program Interface*) del sistema operativo
  - A partir del conjunto de llamadas al sistema, pueden construirse órdenes e intérpretes de órdenes para el sistema operativo



Llamadas al sistema

- El estándar POSIX
  - IEEE Std 1003.1-2001 define la ***interfaz estándar de un sistema operativo y su entorno***, incluyendo un intérprete de órdenes (*shell*) y programas de utilidad comunes para soportar la ***portabilidad de aplicaciones a nivel de código fuente***. Se pretende que sea usada tanto por los desarrolladores de aplicaciones como por implementadores de sistemas.
  - IEEE STD 1003.1-2001 se compone de ***cuatro componentes principales***:
    - ***Términos generales, conceptos e interfaces*** comunes a todos los documentos del estándar IEEE Std 1003.1-2001, incluyendo convenciones útiles y definiciones de archivos de cabecera en lenguaje C. Se incluye en el documento "Definiciones Base" del estándar.
    - ***Definiciones de funciones de servicios del sistema y subrutinas, servicios del sistema específicos del lenguaje para C***, y otras cuestiones sobre las funciones: portabilidad, manejo de errores, y recuperación ante errores. Se incluyen en el volumen "Interfaces del Sistema" del estándar.
    - ***Definiciones para una interfaz estándar a nivel de código fuente para servicios de interpretación de órdenes*** (un *shell*) y programas de utilidad comunes para programas de aplicación. Se incluyen en el volumen "*Shell* y utilidades" del estándar.
    - Cuestiones relacionadas que no encajan en la estructura documental del estándar, pero relevante, como información histórica concerniente a los contenidos del estándar y porqué determinadas características fueron incluidas o no por los desarrolladores del estándar. Estas consideraciones se encuentran en el volumen "Razones" del estándar.

Llamadas al sistema

Procesos	
`fork`	Creación de procesos
`exit`	Terminación de procesos
`wait`	Esperar la terminación de un proceso
`exec`	Cambiar imagen de memoria por la de un ejecutable
`getpid`	Obtención de atributos de un proceso
`setsid`	Modificación de atributos de un proceso
Señales	
`kill`	Enviar una señal
`alarm`	Generar una alarma
`sigemptyset`	Iniciar una máscara para que no tenga señales seleccionadas
`sigfillset`	Iniciar una máscara para que contenga todas las señales
`sigaddset`	Poner una señal específica en un conjunto de señales
`sigdelset`	Quitar una señal especificada en un conjunto de señales
`sigismember`	Consultar si una señal pertenece a un conjunto de señales
`sigprocmask`	Examinar/modificar máscara de señales
`sigaction`	Capturar/manejar señales
`sigsuspend`	Esperar por una señal

Llamadas al sistema

Ficheros	
`open`	Apertura/creación de ficheros
`read`	Lectura de ficheros
`write`	Escritura de ficheros
`close`	Cierre de un fichero
`lseek`	Posicionamiento en un fichero
`stat`	Obtener información asociada a un fichero (tamaño, nombre, tipo, ...)
Redirecciones y tuberías	
`dup2`	Duplicar un descriptor de fichero
`pipe`	Creación de una tubería sin nombre (*pipe*)
`mkfifo`	Creación de una tubería con nombre
Directorios	
`mkdir`	Crear un directorio
`rmdir`	Eliminación de un directorio vacío
`opendir`	Apertura de un directorio
`readdir`	Leer la siguiente entrada de un directorio
`closedir`	Cerrar un directorio
`link`	Crear una nueva entrada de directorio para otra ya existente (*link*)
`unlink`	Eliminar una entrada de directorio

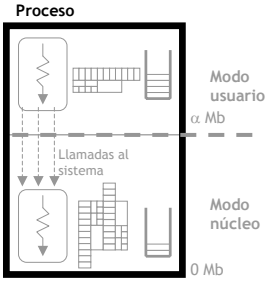
Llamadas al sistema

Protección	
`chmod`	Modificar los bits de protección (rwx, suid, sgid, ...) de un archivo
`chown`	Asigna un nuevo propietario y grupo a un archivo
`umask`	Modificar la máscara de protección de archivos (por defecto) de un proceso
Otras	
`mount`	Montar un sistema de archivos de un dispositivo sobre un directorio
`umount`	Desmontar un sistema de archivos
`ioctl`	Control de dispositivos
`time`	Valor del reloj de tiempo real
`times`	Tiempos consumidos por un proceso

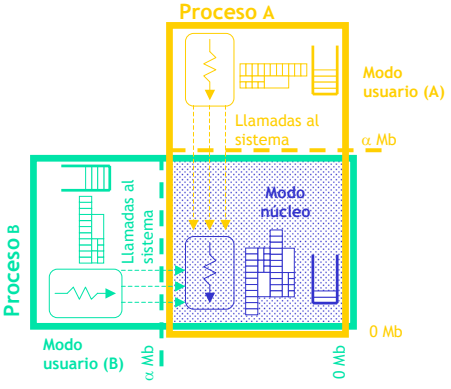
Procesos

- Procesos UNIX
  - Unidad de ejecución y asignación de recursos
  - Programa en ejecución, por tanto, caracterizado por un estado entre cuyos atributos se encuentran:
    - Imagen de memoria (en modo usuario y *kernel*)
    - Identificador del proceso: PID
    - Identificador del proceso padre: PPID
    - Usuario propietario del proceso: rUID y eUID (real y efectivo, respectivamente)
    - Grupo propietario del proceso: rGID y eGID (real y efectivo, respectivamente)
    - Grupo de un proceso: GID
    - Sesión de un proceso: SID
    - Máscara de señales
    - Tiempos de consumo de procesador
    - Descriptores de archivos abiertos
    - Directorio actual (CWD, *Current Work Directory*)
    - Máscara de creación de archivos (umask)
    - ...

Procesos



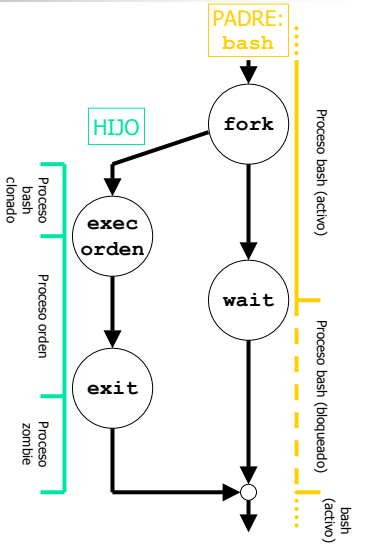
- Un único proceso, dos modos de ejecución



- Dos procesos cualesquiera, comparten un único núcleo

Procesos

- Operaciones sobre procesos
  - Creación: **`fork()`**
    - Creación por copia. Herencia de atributos de atributos a procesos hijos
    - Jerarquía de procesos
  - Terminación: **`exit()`**
    - Terminación normal: `exit()`
    - Terminación anormal: señales
  - Espera de terminación de los hijos: **`wait()`**
  - Sustitución de la imagen de memoria: **`exec()`**



Procesos: llamadas al sistema

Procesos	
`fork`	Creación de procesos
`exit`	Terminación de procesos
`wait`	Esperar la terminación de un proceso
`exec`	Cambiar imagen de memoria por la de un ejecutable
`getpid`	Obtención de atributos de un proceso
`setsid`	Modificación de atributos de un proceso

Procesos: `fork`

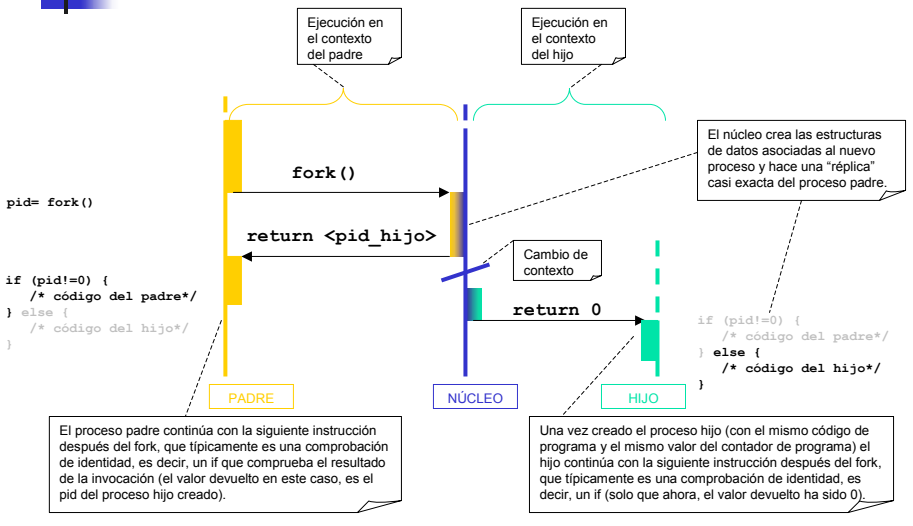
- **`fork`**: creación de procesos

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>

pid_t fork(void)
```

- Descripción
  - Crea un proceso hijo que es un "clon" del padre: hereda gran parte de sus atributos
  - Atributos heredables: todos, excepto PID, PPID, señales pendientes, tiempos/contabilidad
- Valor de retorno
  - 0 al hijo
  - PID del hijo al padre
  - -1 al padre si error
- Errores
  - Insuficiencia de recursos para crear el proceso

Procesos: `fork`



Procesos: `fork`

- **`fork`**: ejemplo 1

```
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
int main(void) {
   pid_t pid;
   int var= 0;
   printf("PID antes de fork(): %d\n", (int) getpid());
   if ( (pid = fork()) > 0 ) {
      printf ("PID del padre: %d\n", (int) getpid());
      var++;
   } else {
      if (pid == 0)
         printf ("PID del hijo: %d\n", (int) getpid());
      else
         printf ("Error al hacer fork()\n");
   }
   printf("Proceso [%d] -> var = %d\n", (int) getpid(), var);
}
```


Procesos: `fork`

- **`fork`**: ejemplo 2

```
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>

int main(void) {
   pid_t pid;
   int i, n= 4;

   for (i=0; i<n; i++)
      if ( (pid = fork()) < 0 ) break;

   printf ("Proceso: %d / Padre: %d\n",
            (int) getpid(), (int) getppid());
}
```

Procesos: `exit`

- **`exit`**: terminación de procesos

```
#include <stdlib.h>

void exit(int status)
```

```
#include <unistd.h>

void _exit(int status)
```

- Descripción
  - Termina "normalmente" la ejecución del proceso que la invoca
  - Si no se invoca explícitamente, se hace de forma implícita al finalizar todo proceso
  - El estado de terminación **`status`** se transfiere al padre que ejecuta **`wait(&status)`**
  - Si el padre no está ejecutando **`wait`**, se transforma en un *zombie*
  - Cuando un proceso ejecuta **`exit`**, todos los hijos pasan a ser adoptados por un proceso dependiente de la implementación (normalmente **`init`**) y su PPID pasa a ser el de este proceso (normalmente 1)
- Valor de retorno
  - Ninguno
- Errores
  - Ninguno

Procesos: `wait`

- **`wait`**: esperar por la terminación de un proceso

```
#include <sys/type.h>
#include <sys/wait.h>

pid_t wait(int *stat_loc)
pid_t waitpid( pid_t pid, int *stat_loc, int options)
```

- Descripción
  - Suspende la ejecución del proceso que la invoca, hasta que alguno de los hijos (**`wait`**) o un hijo concreto (**`waitpid`**) finaliza
  - Si existe un hijo *zombie*, **`wait`** finaliza inmediatamente, sino, se detiene
  - Cuando stat_loc no es NULL, contiene:
    - Hijo termina con exit

MSB: status definido por exit	LSB: 0

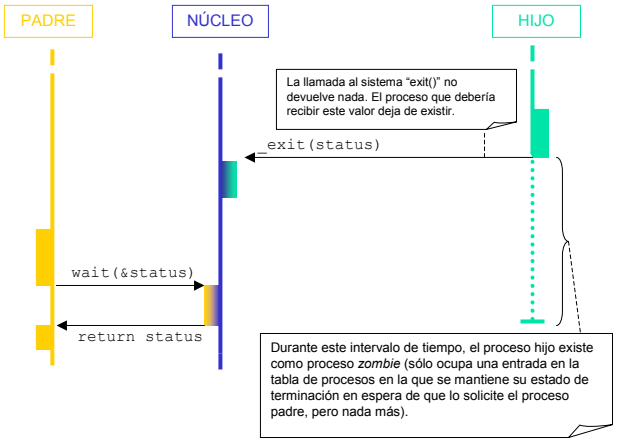
    - Hijo termina por una señal

0	LSB: num. Señal (bit más alto 1 si *core dump*)

Procesos: `wait`

- Descripción (continuación)
  - **`waitpid`**: argumento **`pid`**
    - <-1: esperar por cualquier hijo cuyo grupo de procesos sea igual al valor absoluto del **`pid`** especificado
    - -1: esperar por cualquier hijo (igual que **`wait`**)
    - 0: esperar cualquier hijo con el mismo grupo de procesos que el proceso que hace la invocación
    - >0: esperar al hijo cuyo **`pid`** es el indicado
  - **`waitpid`**: argumento **`options`**
    - **`WNOHANG`**: retornar inmediatamente, aunque no haya terminado el hijo
  - Valores de retorno
    - El PID del hijo que ha finalizado (>0)
    - -1 si se recibe una señal o se da una condición de error (no existen hijos)
  - Errores
    - El proceso no tiene hijos

Procesos: `exit` y `wait`



Procesos: `exit` y `wait` (ejemplo)

```
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>
int main(void) {
   pid_t pid_hijo; int estado, x; long i, j;

   if ( (pid_hijo= fork()) == -1){ /* Código PADRE: Error */
      perror("Fallo al hacer fork()");
      exit(-1);
   } else if (pid_hijo == 0) { /* Código HIJO */
      fprintf(stdout, "PID hijo: %ld\n", (long) getpid()); fflush(stdout); sleep(2);
   } else { /* Código PADRE */
      if ( (x=wait(&estado)) != pid_hijo)
         fprintf(stdout, "PADRE: interrumpido por señal\n");
      else
         fprintf(stdout, "PID padre: %ld / PID hijo: %ld / estado hijo: %d\n",
                 (long) getpid(), (long) pid_hijo, estado);
      fflush(stdout);
   }
   exit(0); /* Código PADRE e HIJO */
}
```


Procesos: `exec`

- **`exec`**: cambiar la imagen de memoria por la de un ejecutable

```
#include <sys/unistd.h>

void execl  (const char *path, const char *arg0, ...,
             const char *argn, (char *) 0 )

void execle (const char *path, const char *arg0, ...,
             const char *argn, (char *) 0, char *const envp[])

void execlp (const char *file, const char *arg0, ...,
             const char *argn, (char *) 0 )
```

```
#include <sys/unistd.h>

void execv  (const char *path, const char *argv[])

void execve (const char *path, const char *argv[],
             const char *envp[])

void execvp (const char *file, const char *argv[])
```

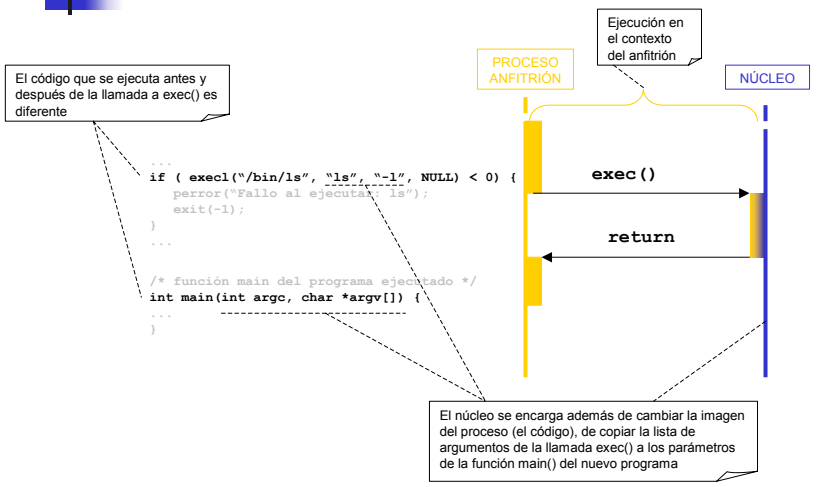
Procesos: `exec`

- Descripción
  - Cambia la imagen en memoria de un proceso (proceso anfitrión) por la definida en un fichero ejecutable
  - El fichero ejecutable se puede expresar dando exclusivamente su nombre o su ruta completa (ruta + nombre)
  - Algunos atributos del proceso anfitrión se conservan, en particular:
    - El manejo de señales, excepto las señales capturadas para las que se toma la acción por defecto
    - Los identificadores PID y PPID
    - Contadores de tiempo
    - Descriptores de archivo
    - El directorio de trabajo (CWD, *Current Work Directory*), el directorio raíz y la máscara de permisos por defecto (`umask`) para creación de archivos
  - Si el bit **`SETUID`** del fichero ejecutable está activado, la llamada a **`exec()`** establece como UID efectivo (**`eUID`**) al UID del propietario del fichero ejecutable
  - Ídem para el bit **`SETGID`**

Procesos: `exec`

- Descripción (continuación)
  - Posibles errores:
    - Fichero no existente o no ejecutable
    - No se tienen permisos
    - Argumentos incorrectos
    - Memoria o recursos insuficientes
  - Valor de retorno
    - Si EXEC retorna al programa que lo llamó es que ha ocurrido un error y el valor de retorno es –1

Procesos: exec



Procesos: exec (ejemplo)

```
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>

int main(void) {
   pid_t pid_hijo; int estado, x; long i, j;

   if ( (pid_hijo= fork()) == -1){ /* Código PADRE: Error */
      perror("Fallo al hacer fork()");
      exit(-1);
   } else if (pid_hijo == 0) { /* Código HIJO */
      if ( execl("/bin/ls", "ls", "-l", NULL) < 0) {
         perror("Fallo al ejecutar: ls");
         exit(-1);
      }
   } else  /* Código PADRE */
      if ( (x=wait(&estado)) != pid_hijo) {
         fprintf(stdout, "PADRE: interrumpido por señal\n"); fflush(stdout);
      }
   exit(0); /* Código PADRE e HIJO, aunque el hijo nunca pasará por aquí */
}
```